

DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INGENIERÍA DE
PROYECTOS AL INTERIOR DE UNA EMPRESA DE DISEÑO

BRAHYAN ALEJANDRO BUITRAGO GÓMEZ

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN

2012

DESARROLLO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INGENIERÍA DE
PROYECTOS AL INTERIOR DE UNA EMPRESA DE DISEÑO

BRAHYAN ALEJANDRO BUITRAGO GÓMEZ

ASESOR

JAIME BARBOSA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2012

DEDICATORIA

Muchas veces, de acuerdo a la posición socio económica de las personas, muchos sueños e ilusiones se ven desvanecidos. Peor aún, en otras ocasiones ni existen. Sin embargo, se encuentra uno con situaciones y oportunidades inigualables, indescriptibles dentro del lenguaje común y corriente. Es el caso de la universidad EAFIT, institución que de verdad fue abierta al mundo, abierta a mí. Institución que no dudó ni un segundo en brindarme una y otra oportunidad, de tenerme dentro de tu grupo selecto de becarios, por ser un ángel protector y patrocinador. Por tenerme donde estoy, Muchas gracias Beca aportes de empleados, dirigida por la doctora Ángela Echeverri, persona que estuvo siempre ahí. Muchas gracias Beca Fundación Suiza y sus representantes Sandra Valencia, la señora Norckzia Ortiz y el doctor Alirio Jaramillo por esta oportunidad.

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero y docente Jaime Barbosa por su apoyo en la realización de este proyecto.

Al ingeniero de costos de Procter & Gamble planta Medellín José Román Marín por la oportunidad de ver de cerca el comportamiento y funcionamiento de una empresa contratista de proyectos de mediano tamaño.

A Procter & Gamble por permitirme desarrollar el periodo de práctica en la planta Medellín e indirectamente ayudarme a entender un poco el mundo de los proyectos y el trabajo con empresas contratistas.

Al ingeniero de proyectos John Jairo Montoya.

Muchas gracias a mis tías Ángela Buitrago y Stella Buitrago por ofrecerme un hogar para vivir. Por tratar de entenderme en los momentos difíciles.

A la Universidad Eafit, por regalarme un espacio para mi educación.

4. METODOLOGIA DESARROLLADA

Con el fin de dar un acercamiento a la finalidad del proyecto y tener claridad de los temas que rodean la administración de una empresa de ingeniería de proyectos es necesaria la recopilación de información. Por ende es conveniente la revisión de los siguientes temas:

- Conceptos de proyecto
- Conceptos de diseño

4.1 CONCEPTOS DE PROYECTO

4.1.1 Definición

Se pueden apreciar varias definiciones al respecto:

“Un proyecto corresponde a un conjunto de informaciones internas y externas de la empresa, que permite estimar las ventajas y desventajas económicas futuras que se generan al destinar recursos para producir un bien o servicio. Por lo tanto el producto económico obtenido debe superar el valor de los insumos consumidos.”¹

“Un proyecto se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de un equipo de personas idóneas, así como de otros recursos cuantificados en forma de presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada.”²

¹Gómez, Elkin. Notas de clase del curso Preparación de Proyectos. 2010

²Montealegre, Mauricio. Trabajo investigativo Definición de un Proyecto. SENA 2008.

De acuerdo con las anteriores definiciones es claro asociar el concepto proyecto con: información, estudio económico, viabilidad, bien o servicio, rentabilidad, estructuración, cronograma, actividades, objetivos, calidad, tiempo, presupuesto, mano de obra, resultados.

4.1.2 Etapas de un Proyecto

Las etapas o fases de un proyecto son:

- I. Fase I: Conceptual
- II. Fase II: Definición
- III. Fase III: Diseño
- IV. Fase IV: Construcción y arranque

4.1.2.1 Conceptual

Es la primera etapa topológica y secuencial ya que tiene por objeto:

- Describir lo que se quiere
- Definir el equipo elaborador, revisor y aprobador

Para esta parte se deja el siguiente formato con el fin de estandarizar la etapa conceptual. El formato tiene como nombre “Base de diseño” y es el medio escrito por el cual la empresa contratista refleja la necesidad del cliente. Es definido como el contrato del proyecto.

A continuación se define cada parte del mismo, lo que se escribe dentro de comillas debe ser reemplazado según el contexto:

4.1.2.1.1 Base de diseño:

“Nombre del Proyecto” – Base de diseño
Rev. “#” – Fecha de la revisión “dd/mm/aa”

Propósito: “Describir el propósito del documento. Se debe estandarizar y sólo cambiar el nombre del proyecto y el nombre de la empresa en futuros documentos”.

Antecedentes: “Describir el por qué de la necesidad del proyecto para la empresa que contrata el servicio. Se debe ser literal con lo expresado por la empresa. Esto es el qué, por qué y para qué.”

Alcance: “Listar cada uno de los alcances. Esto lo define el cliente.”

Objetivo del proyecto: “Se debe describir desde la necesidad del cliente. Es la complementación de los antecedentes.”

Tiempo de ejecución: “Se debe hacer un cruce con el requerido por el cliente y el resultante en los análisis.”

Plan de comunicación: será realizado de acuerdo a:

- Reuniones con frecuencia “definir”, los días “x” a las “xy:tw:jh”.
- Se enviará o solicitará por email la información que sea necesaria en cada etapa del proyecto.

Prioridades: “Se le deben solicitar al cliente las prioridades.”

Recursos:

Integrantes del Equipo	Función	Firma

Debe haber por lo menos la siguiente estructura:

- 1 líder del proyecto por parte de la empresa contratista. (Elaborador)
- 1 líder del proyecto por parte del cliente. (Aprobador)

4.1.2.2 Definición

Es la etapa donde se conceptualiza la necesidad. Es decir, a nivel general se revisa el panorama del proyecto. Tiene por objeto:

- Definir el presupuesto requerido para todo el proyecto.
- Definir el tiempo necesario para la realización del proyecto desde su primera fase hasta el arranque.

Para esta etapa se tienen las siguientes herramientas:

4.1.2.2.1 Cotización. Estimado de Costos

Es el documento por el cual se estima el costo del proyecto. Involucra trabajos civiles, máquinas, consumibles, ingeniería.

Tabla 1. Modelo de cotización

		"NOMBRE DEL CLIENTE"								
		"NOMBRE DEL PROYECTO"								
No.	DESCRIPCION	QTY	UNIT.	Labor	Materiales	Equipos	Total Labor	Total Materiales	Total Equipos	Total
1	LIMPIEZA Y PREPARACION									
2	EDIFICIOS									
3	EQUIPOS									
4	CONSUMIBLES									
6	INGENIERIA									
7	RIESGO									
7.1	Contingencia	%								
7.2	Imprevistos	%								
	RIESGO TOTAL									
	COSTO TOTAL									

Nota: Si el cliente únicamente requiere el servicio de diseño, solamente aplica el numeral 6. Cálculo que es una salida del diagrama de redes detallado en el

numeral 4.3.1 del diagrama de redes. A continuación se definen cada uno de los ítems involucrados:

a) Descripción: es el detalle de cada uno de los componentes o actividades que impactan en el costo en el proyecto.

- i. Limpieza y Preparación: son labores necesarias para preparar la ejecución del proyecto. Impacta la etapa de construcción.
- ii. Edificios: se debe presupuestar si hay que intervenir edificios. Es decir, muros, vigas, columnas y componentes de un edificio.
- iii. Equipos: es donde se detallan los equipos o máquinas del proyecto. Se debe detallar lo mejor posible hasta llegar al nivel de accesorios.
- iv. Consumibles: aceites, combustibles, grasas, limpiadores son ejemplos de elementos que pertenecen a este ítem.
- v. Ingeniería: es el estimado del costo del diseño como tal. Se debe desglosar en:
 - *Horas director del proyecto*
 - *Horas Ingeniero*
 - *Horas dibujante*
 - *Cantidad de planos*

La cantidad aproximada de horas de mano de obra deberá salir del numeral 4.2.1.3 *Estimado de duración de actividad*.

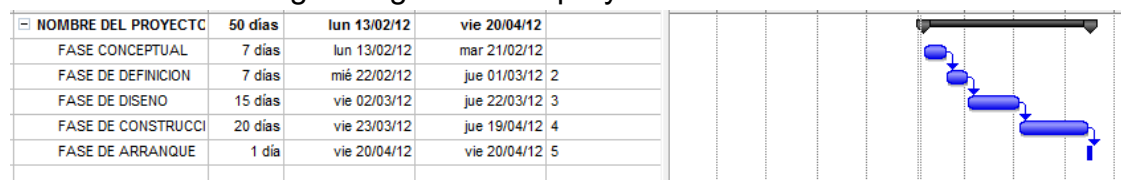
- vi. Riesgo: es el ítem más crítico del presupuesto. Cada empresa debe definir su valor de riesgo para cada proyecto de acuerdo a:
 - a. Si el proyecto es similar a otro ya ejecutado.
 - b. Complejidad
 - c. Duración

- d. Tamaño
- e. Tipo de cliente
- f. Recurso técnico disponible

4.1.2.2.2 Cronograma del Proyecto

Es donde se estima el tiempo de duración del proyecto. Los hay de varios niveles, la definición del mismo depende de los requerimientos del cliente, en primera instancia, o del tamaño del proyecto.

Ilustración 1. Cronograma general del proyecto



4.1.2.3 Diseño

Es donde se calcula el proyecto de manera técnica. Esto es, planos, cálculos, diagramas. Se dice que si en esta etapa no se mitigan los riesgos, las pérdidas no van a dar espera en la etapa de construcción.

4.1.2.4 Construcción

Es donde se materializa la etapa de diseño. Por lo general, el contrato del proyecto incluye la supervisión de construcción, la cual se encarga de velar porque el recurso se destine de la manera más cercana a lo presupuestado económicamente y en el diseño.

4.2 CONCEPTOS DE DISEÑO

A continuación se datan conceptos básicos de diseño con el fin de extraer de cada uno de ellos, aspectos que ayuden a formar el modelo de gestión que se busca.

De acuerdo a diferentes autores el término “Diseño” puede definirse de la siguiente manera:

- “Es un proceso en el cual mediante el logro de un producto técnico, se da solución a una cierta necesidad insatisfecha de la sociedad a través de la óptima utilización y transformación de los recursos humanos, materiales, financieros y de información”³.
- “Es una forma de ser, de vivir, de sentir, de ver y de interpretar el mundo circundante, que, como cualquier disciplina, inunda la experiencia vital de quien la ejerce proyectándole una plácida alegría de autorrealización”⁴.
- “Servicio profesional de crear y desarrollar conceptos y especificaciones que optimizan la función, el valor y la apariencia de productos y sistemas para el mutuo beneficio tanto del usuario como del fabricante”⁵.
- “El diseño es un 98% sentido común y 2% un ingrediente llamado creatividad. Es ese algo que hace un objeto realmente especial, tan deseable que las personas quieren tenerle”.⁶
- “Actividad sistemática desarrollada para satisfacer una necesidad y que cubre todas las etapas desde la identificación de la necesidad hasta la venta del producto”.⁷
- “Actividad que afecta casi todas las áreas de la vida humana, utiliza leyes de la ciencia, se basa en una experiencia especial y define los requisitos para la realización física de la solución”.⁸

³ Bravo, Santiago. Notas de clase del curso Diseño Metódico. 2011

⁴ Gonzalez, Guillermo. Estudio de diseño. EmeceEditores 1994.

⁵ Ulrich Kart., Eppinger, D. Steven. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. Mc Graw Hill. Tercera edición. 2004.

⁶ Hernández, Op.cit., p.2

⁷ Pugh (1990)

⁸ Pahl y Beitz (1995)

- “La vinculación del dominio físico es el objetivo del diseño, lo cual implica una continua interacción entre lo que se quiere conseguir y la forma como se consigue”.⁹
- “Actividad creativa cuyo propósito es establecer las cualidades multifacéticas de objetos, procesos, servicios y sus sistemas, en todo su ciclo de vida. Por lo tanto, es el factor principal de la humanización innovadora de las tecnologías y el factor crítico del intercambio cultural y económico”.¹⁰

De acuerdo a las anteriores definiciones, el diseño busca la satisfacción a una necesidad al mejor costo beneficio.

4.2.1 Diseño en el mundo

Estados Unidos es uno de los países más desarrollados en el tema. Con respecto a la estructura de Colombia, en forma no está muy alejado. Sin embargo, el enfoque sí es diferente:

- Visualiza los programas de cómputo de diseño, así su costo sea alto, como una herramienta indispensable para la labor.
- La mano de obra es costosa, por lo que la distribución del recurso es una etapa de alto enfoque.
- No sobredimensiona, con el fin de ser competitivo a la hora de diseñar. Esta es una de las actividades que marca la diferencia.
- El proceso de revisión y aprobación de planos es de forma electrónica.
- Las ingenierías son de alto costo. Ello debido a que Estados Unidos demanda por cualquier anomalía que se salga de la normatividad.
- Estados Unidos busca experiencia en ingenieros en campos específicos (15 años de experiencia).

⁹Suh (1990)

¹⁰EL ICSID (2004)

4.2.2 Etapas del proceso de diseño

A nivel general las etapas de diseño son:

1. Identificación
2. Ideas Preliminares
3. Análisis
4. Decisión
5. Realización

4.2.2.1 Identificación

Es la etapa donde se entiende el requerimiento del cliente. Se revisan antecedentes, se clarifica el qué y por qué de la necesidad. Es decir, se aprecia la consecuencia de tener lo que se requiere.

Como formato a seguir se puede usar el denominado “charter” del numeral 4.1.2.1.1

4.2.2.2 Ideas Preliminares

Es la etapa donde se inicia la búsqueda de la solución a un nivel de bosquejo. Se revisa si hay existencia, si es rediseño o si es algo nuevo. De esta etapa deben salir varios candidatos para la satisfacción de la necesidad.

La recomendación es realizar lluvia de ideas y luego depuración. Para esta etapa se deja el siguiente formato:

4.2.2.2.1 Lluvia de ideas

Tabla 2. Lluvia de ideas

Necesidades del cliente	Necesidad superior

La Tabla 2 es el medio por el cual las ideas preliminares se plasman. En la parte de “Necesidades del cliente” se debe ser literal con lo que el cliente desea. Agregado a lo anterior, “Necesidad Superior” es la clasificación de las necesidades del cliente en un subgrupo genérico. Ejemplo de esto es:

- “Que sea bonito”
- “Que sea compacto”
- “Que sea móvil”

La necesidad superior de las citadas necesidades del cliente sería *Diseño*.

Luego de la lluvia de ideas se deben agrupar las necesidades del cliente que tengan en común la misma necesidad superior. Posterior a esto, hacer una depuración de las mismas.

4.2.2.3 Análisis

Es la etapa donde la ciencia juega su partido. Principios físicos, lógica matemática y simulaciones son utilizados con el fin de dar forma al diseño en la realidad. De acuerdo a la estructura de cada empresa las herramientas usadas pueden ser por medio de programas computacionales, cálculo manual, empirismo.

4.2.2.4 Decisión

Se debe elegir un modelo de los candidatos disponibles. Esto se puede realizar por medio de un cuadro de ponderación. A continuación se deja un formato para esta etapa:

Tabla 3. Matriz de ponderación para selección de modelo.

NECESIDAD SUPERIOR	NECESIDAD DEL CLIENTE	PONDERACIÓN %	RANGO DE CALIFICACIÓN	CANDIDATOS			
				# 1	# 2	# 3	
			1 = Baja				
			3 = Media				
			9 = Alta				
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
Calificación total				0	0	0	
			1 = Baja				
			3 = Media				
			9 = Alta				
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
Calificación total				0	0	0	
			1 = Baja				
			3 = Media				
			9 = Alta				
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
				1 = Baja			
				3 = Media			
				9 = Alta			
Calificación total				0	0	0	

La Tabla 3 representa el modelo propuesto para la selección del diseño que satisface las necesidades del cliente. Los ítems involucrados son:

- a) Necesidad Superior: son las mismas encontradas de acuerdo a la depuración de la lluvia de ideas, según la Tabla 2.

- b) Necesidad del cliente: son las expresadas literalmente por el cliente de acuerdo a la depuración de la lluvia de ideas. Deben ir al frente la necesidad superior que le corresponda.
- c) Ponderación: La suma total de las necesidades del cliente correspondientes a cada necesidad superior debe dar el 100%. Sin embargo, cada necesidad del cliente debe tener cierto valor porcentual. Este dato deberá ser calculado de acuerdo a la lluvia de ideas.
- d) Rango de calificación: es el nivel de satisfacción que cumple cada uno de los candidatos con respecto a la necesidad planteada.
- e) Candidatos: es el grupo de donde va a salir el modelo seleccionado. Debajo de cada uno de éstos es donde se da la calificación.

4.2.2.5 Realización

Es donde se conceptualiza el modelo. La salida de esta etapa es:

- Planos de trabajo
- Especificaciones técnicas
- Normativa
- Prototipo

4.2.3 Metodologías en diseño

Existen muchas herramientas que distintos autores han elaborado con el fin de responder preguntas como:

- ¿Cómo diseñar?
- ¿Cómo entender la necesidad?
- ¿Cómo estructurar el diseño?
- ¿Cómo volver física la necesidad?
- ¿Cómo desarrollar?

Sin embargo, una metodología de diseño debe:¹¹

- Posibilitar un procedimiento orientado al problema
- Fomentar la inventiva y el conocimiento
- Lograr soluciones no sujetas a la casualidad
- Permitir transferir soluciones fácilmente a funciones similares
- Ser aprendible y enseñable
- Alivianar trabajo, ahorrar trabajo y evitar decisiones erróneas.

Cada empresa debe definir la metodología a seguir. Sin embargo, a continuación se hace referencia de algunas:

4.2.3.1 Proceso de diseño Koller

Básicamente comprende:

- a. Planeación del producto
 - I. Estudiar el mercado
 - II. Descripción del producto
- b. Desarrollo y diseño del producto
 - I. Síntesis de la función
 - i. Entender el problema
 - ii. Estructura de funciones parciales
 - iii. Estructura de funciones básicas
 - iv. Función total
 - II. Síntesis Cualitativa
 - i. Variar actuadores
 - ii. Variar sistemas
 - iii. Variar formas
 - III. Síntesis cuantitativa
 - i. Dibujar a escala
 - ii. Planos de taller
 - iii. Cálculos
- c. Producción del producto

¹¹Bravo, Santiago. Notas de clase del curso Diseño Metódico. 2011

4.2.3.2 Procedimiento para lograr nuevos productos VDI 2222

- a. Planificación
 - I. Entender el problema
- b. Concepción
 - I. Listar los requerimientos
 - II. Dividir el global en funciones parciales
 - III. Búsqueda de solución
 - IV. Evaluar técnica y económicamente la solución
- c. Proyecto
 - I. Desarrollo de la solución
 - II. Optimización
 - III. Conclusión
- d. Desarrollo
 - I. Formalización
 - II. Optimizar individualmente las piezas
 - III. Elaboración de planos
 - IV. Verificación de costo beneficio

4.2.3.3 Proceso de diseño Rodenacker

- a. Entender el problema
- b. Determinar la estructura funcional
- c. Determinar el lugar causal
- d. Eliminación de errores
- e. Diseño global

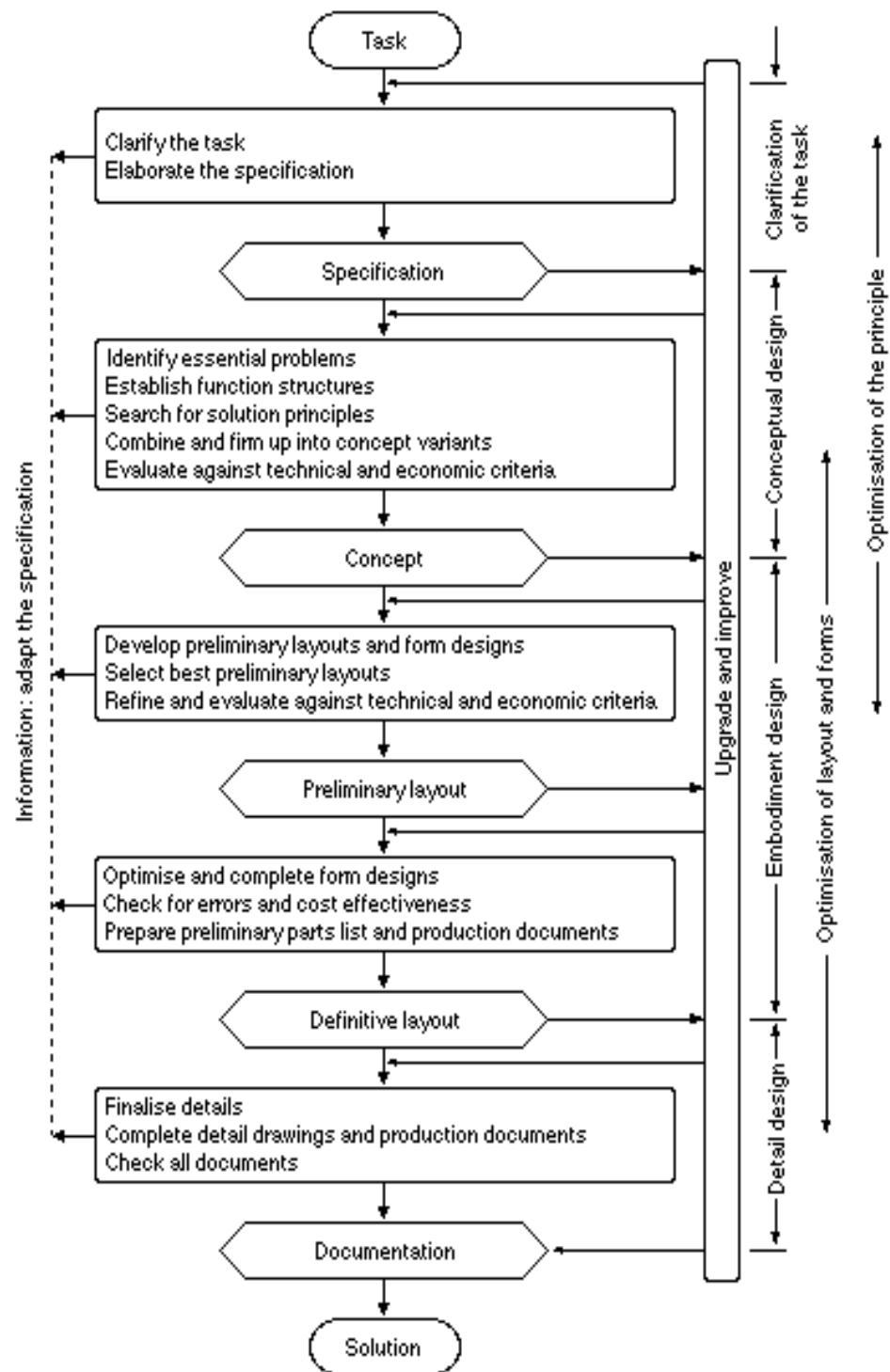
4.2.3.4 Proceso de diseño Roth

- a. Formular el problema
- b. Definición de funciones
- c. Determinación de formas
- d. Resultados

Otras metodologías que se enfocan en el rediseño de productos:

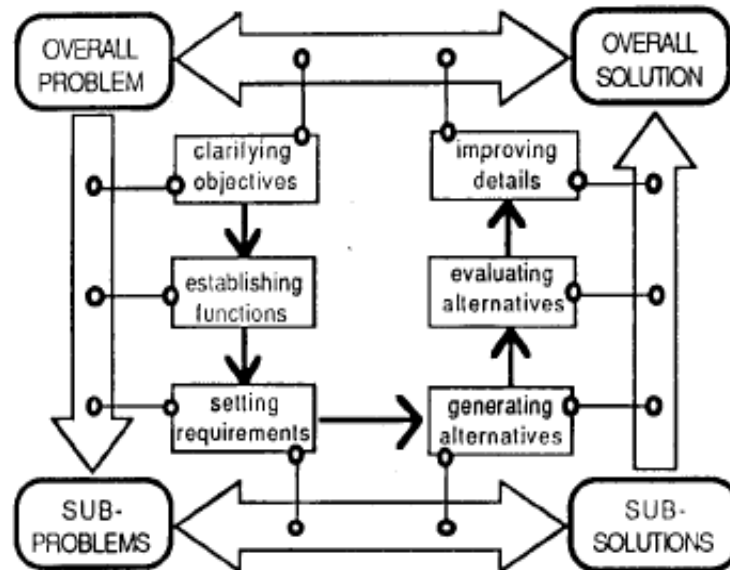
4.2.3.5 Proceso de rediseño Pahl&Beitz

Ilustración 2. Proceso de rediseño Pahl&Beitz



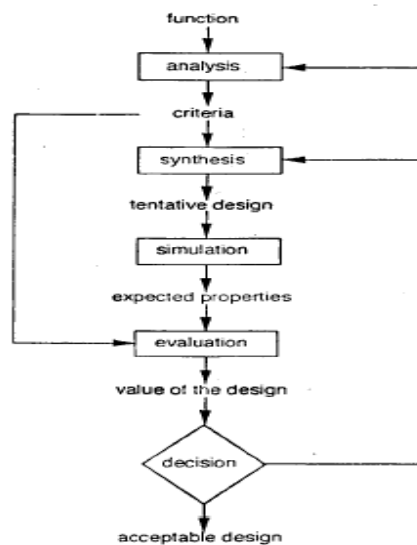
4.2.3.6 Proceso de rediseño NigelCross

Ilustración 3. Proceso de diseño Nigel Cross



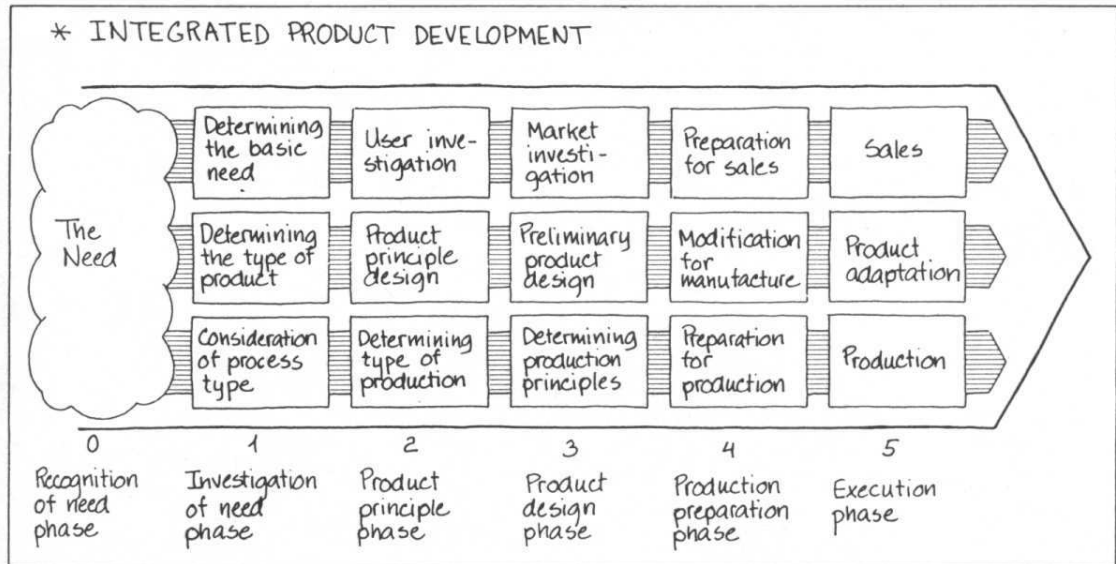
4.2.3.7 Proceso de rediseño Roozenburg&Eekels

Ilustración 4. Proceso de rediseño Roozenburg&Eekels



4.2.3.8 Proceso de rediseño Andreasen

Ilustración 5. Proceso de rediseño Andreasen



4.2.3.9 Construcción

Es donde se materializa la etapa de diseño. Por lo general, la idea es que el contrato del proyecto incluya la supervisión de construcción, la cual es la encargada de velar porque el recurso se destine de la manera más cercana a lo presupuestado económicamente y en el diseño.

4.3 MITIGACIÓN DE PÉRDIDAS

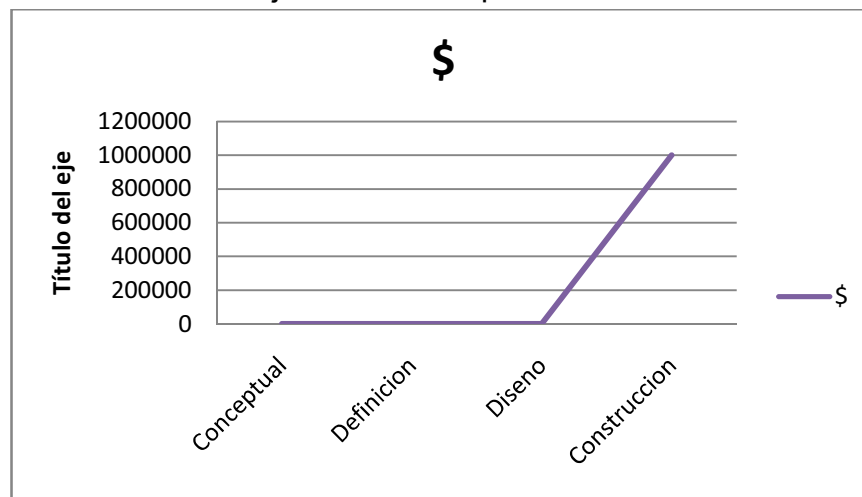
En un proyecto existen riesgos de pérdidas de todo tipo como el tiempo invertido en una actividad, el número de máquinas seleccionadas, la capacidad calculada, el tamaño de mano de obra destinada, entre otras.

El objetivo de la mitigación de pérdidas es:

- Presupuestar los problemas antes que se salgan de control.
- Identificar las áreas responsables
- Definir planes de acción para mitigar el riesgo

Se dice que la identificación temprana de los riesgos es lo más rentable en un proyecto.

Ilustración 6. Pérdidas reflejadas en la etapa de construcción



Uno de los mayores potenciadores de pérdidas es la mala programación de un proyecto. Con el fin de mitigar este riesgo a lo largo del mismo, se da la siguiente herramienta¹²:

4.3.1 Diagrama de Redes

Es un diagrama de flujo que muestra la secuencia de operaciones de un proceso. Cada operación individual es conocida como una actividad y cada punto de unión o etapa de transferencia entre una actividad u otra es llamada evento o nodo.

Las actividades se representan por líneas gruesas y los eventos por círculos, es sencillo dibujar su relación de manera gráfica. El diagrama resultante se denomina Diagrama de Red.

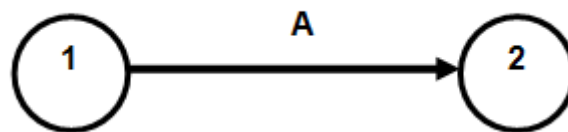
Tienen como objetivos:

1. Estimar la duración de cada actividad del proyecto.

¹² Lester, Albert. Project Planning and Control. 2nd Edition.

2. Analizar tiempos con el fin de encontrar las actividades críticas.
Cada actividad tiene dos nodos o eventos. Uno al inicio y otro al final. Éstos muestran el inicio y el final de la actividad "A". La flecha indica que "1" comienza antes que "2". La operación fluye hacia "2".

Ilustración 7. Denominación de una Actividad



La actividad se puede describir de dos maneras:

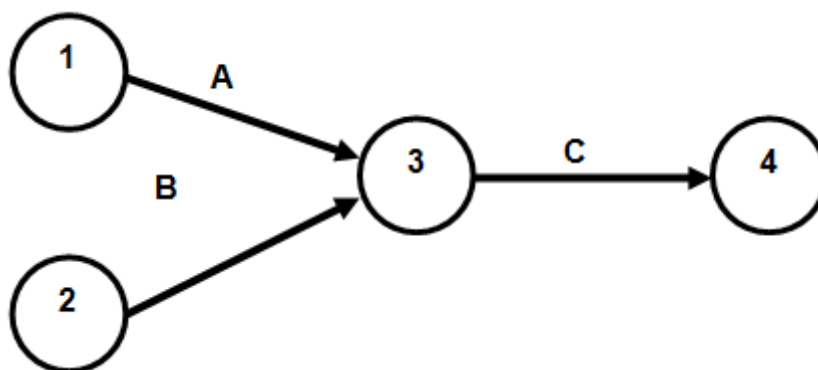
- a) Por su título. (En este caso "A")
- b) Por su nodo inicial y final 1-2

La selección de la manera de describir deberá ser considerada por cada líder del proyecto de acuerdo a sus necesidades particulares.

4.3.1.1 Reglas para realizar el esquema

- a. Cuando el nodo inicial de una actividad es el final de otra u otras, significa que todas las actividades con esta terminal tienen que ser terminadas antes que la actividad de ese nodo pueda comenzar.

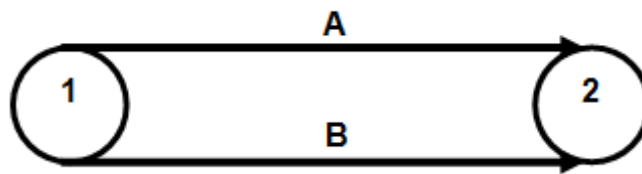
Ilustración 8. Actividades dependientes



La ilustración 8 define que la actividad 1-3 (A) y 2-3 (B) tienen que ser terminadas para que pueda comenzar 3-4 (C).

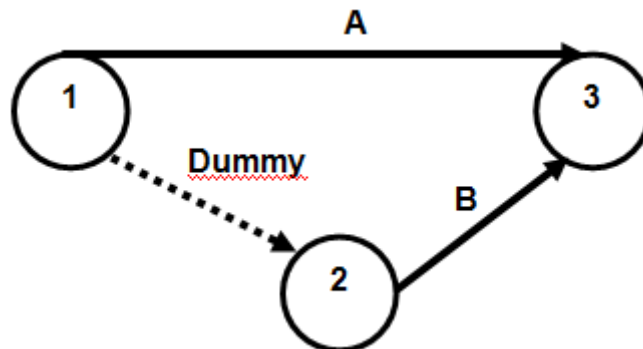
- b. Evitar que dos actividades empiecen y terminen en el mismo nodo. La ilustración 9 esquematiza lo que NO debe ocurrir.

Ilustración 9. Dos actividades con nodo inicial y final compartido



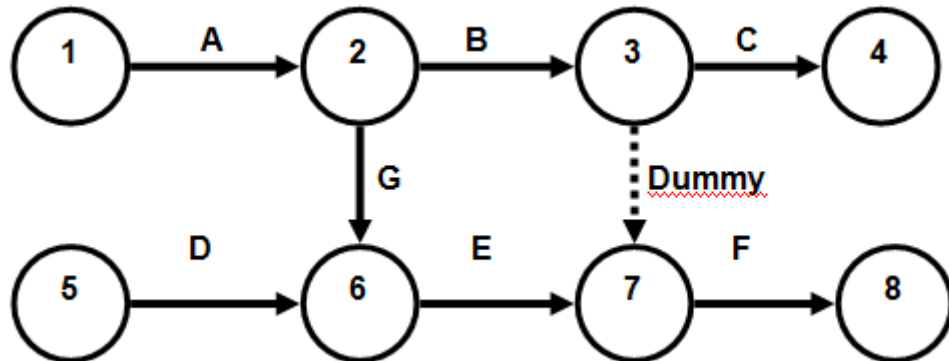
Para ello hay que crear una actividad artificial llamada “Dummy”, la cual tiene una duración de cero y no afecta la lógica ni los estimados del proyecto.

Ilustración 10. Actividad Dummy



- a. La actividad Dummy también se utiliza cuando dos cadenas de actividades se interrelacionan, es decir para crear dependencia entre ambas. La función Dummy muestra que las actividades predecesoras a ésta tienen que cumplirse para que la siguiente sea ejecutada.

Ilustración 11. Función Dummy



La ilustración 11 muestra que las actividades 1-2 (A), 2-3 (B), 5-6 (D), 6-7 (E), 2-6 (G) tienen que ser ejecutadas para que 7-8 (F) empiece.

- b. Cada actividad, excepto la primera y la última, tiene que arrancar en otra. De no hacerlo, se puede crear un final perdido que terminaría el proyecto de manera prematura. Esto provoca que la relación entre ese final y el real del proyecto no sea visto. Por lo tanto, los finales parciales tienen que ser conectados al nodo final con el fin de que el análisis sea completo.

Ilustración 12. Final parcial que afecta la correcta culminación del proyecto

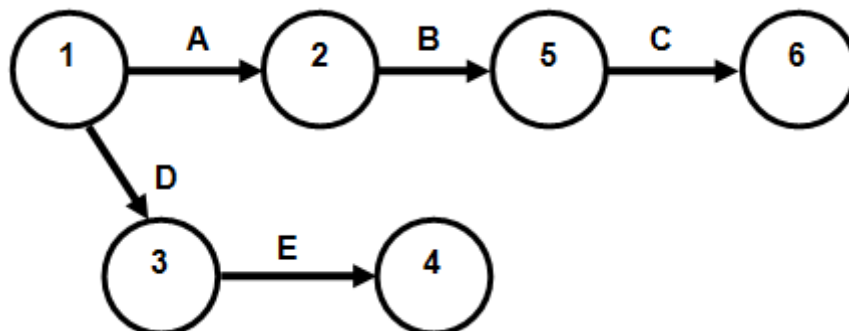
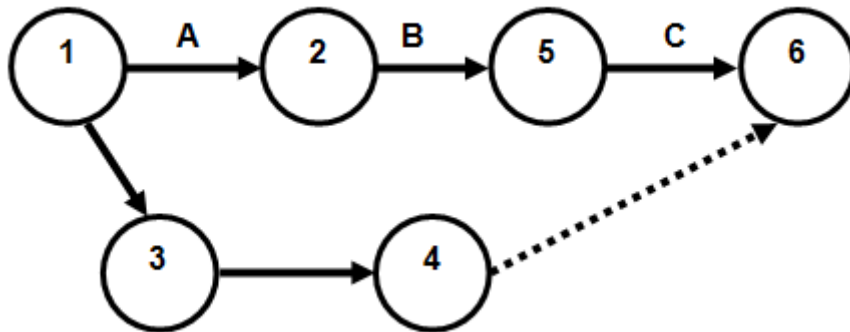


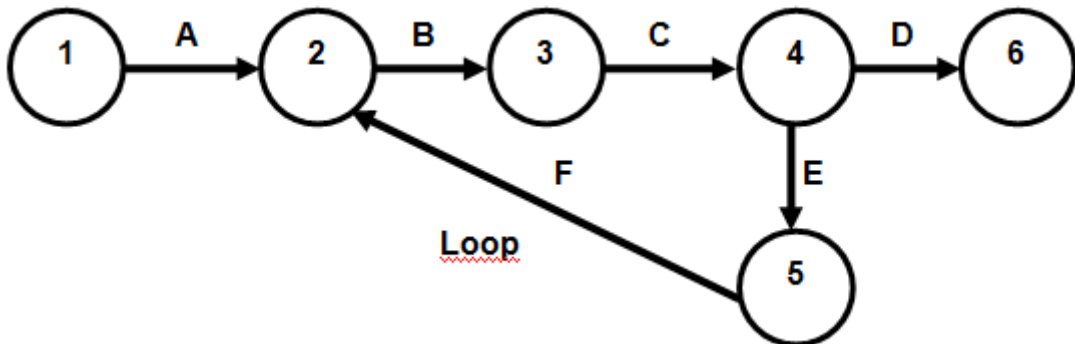
Ilustración 13. Función Dummy para cierre total



La ilustración 12 muestra el final parcial en el nodo 4, el cual provoca altas pérdidas en la ejecución del proyecto. La ilustración 13 logra por medio de la función dummy mitigar este riesgo.

- c. No permitir la creación de bucles en actividades como que la ultima de la cadena tenga influencia en la primera.

Ilustración 14. Loop de actividades intermedias



4.3.1.2 Notas para tener el máximo beneficio

- a. Maximizar en número de actividades que puedan ser llevadas en paralelo. Esto permite reducir el tiempo de programación.
- b. Tener cuidado con poner restricciones innecesarias en alguna actividad. El uso indebido de restricciones aumenta costos y recursos.
- c. Iniciar actividades tan pronto como sea posible y conectarlos al resto del lazo tan tarde como sea posible. Ésto evita innecesarias restricciones y da el máximo "float".

Ilustración 15. Diagrama inadecuado

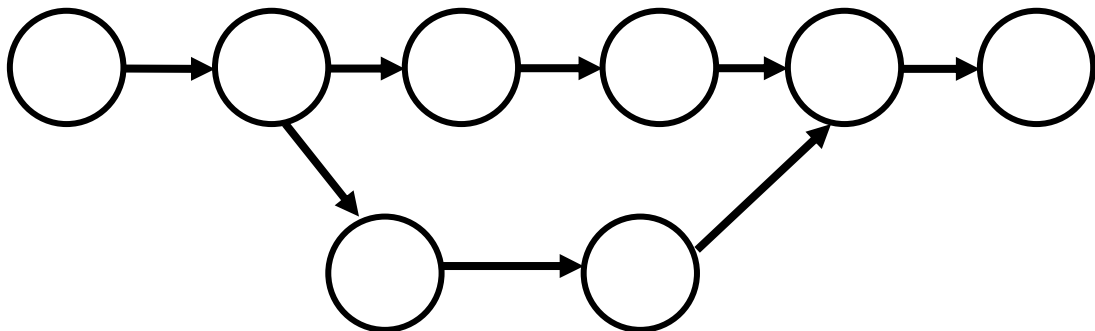
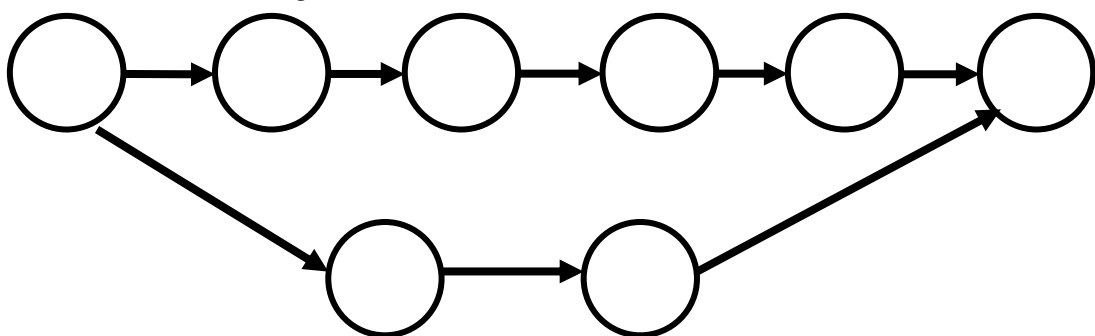


Ilustración 16. Diagrama adecuado



- d. Resista la tentación de usar un conveniente punto nodal de cierre como etapa para una actividad Dummy usada como restricción. Tal que una pausa en una restricción puede imponer una adicional e innecesaria en la actividad posterior. En la Ilustración 17 el intento es restringir la

actividad “E” por la “B” y “D” y “G” por “D”. Sin embargo, ya que el Dummy desde “B” usa el nodo 6 como una etapa, la actividad “G” es también restringida por “B”. El correcto lazo es el mostrado en la Ilustración 18.

Ilustración 17. Restricción innecesaria

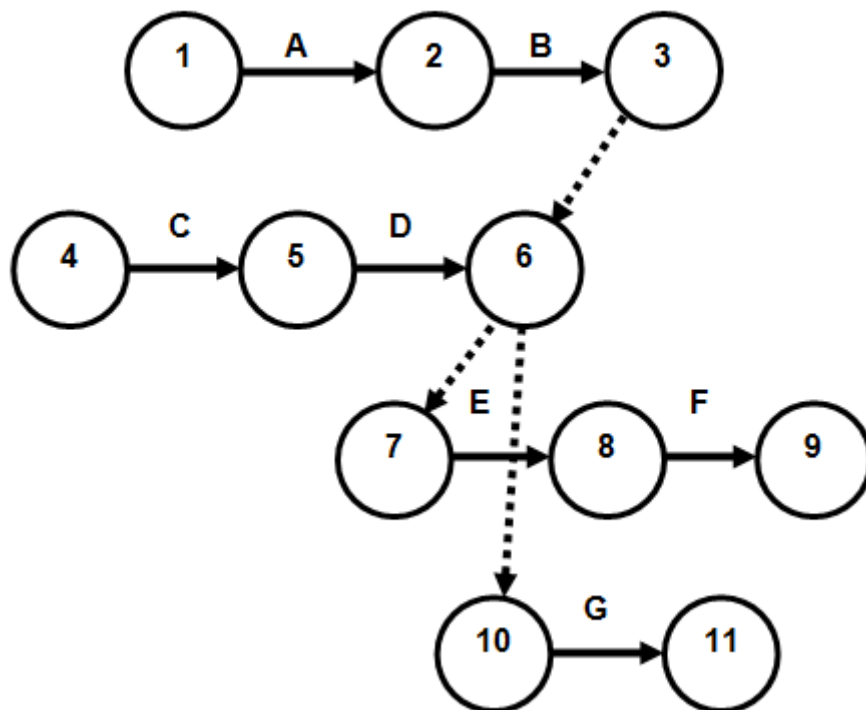
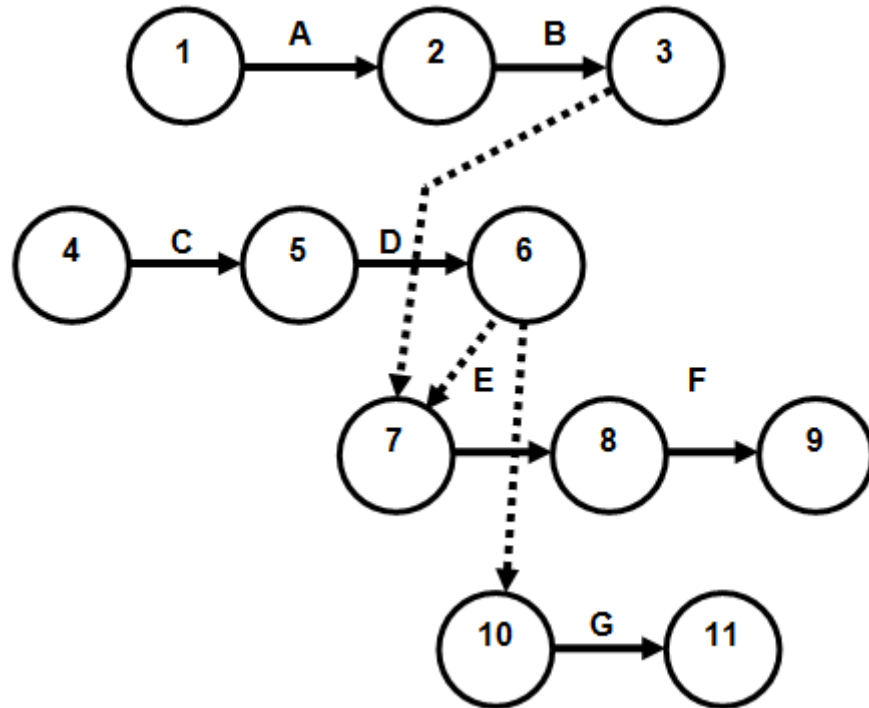


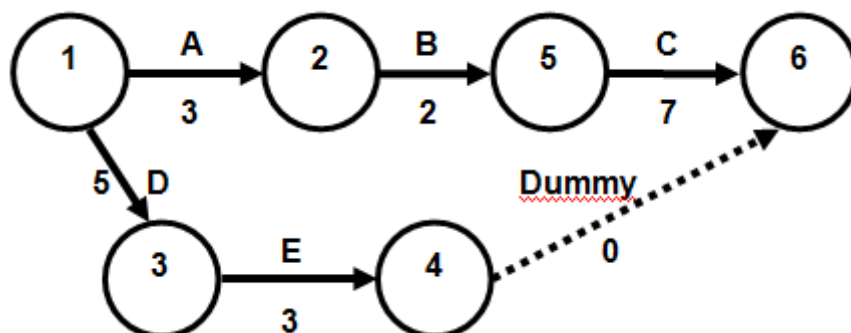
Ilustración 18. Restricción asignada correctamente



4.3.1.3 Estimado de duración de actividad

Teniendo el esquema acorde con la secuencia lógica de los requerimientos particulares del proyecto el siguiente paso es acertar en la duración de cada actividad. Esto puede ser estimado por experiencia.

Ilustración 19. Estimado de duración de actividades



La duración del total de actividades (D_t) será la suma de la duración de todas las actividades.

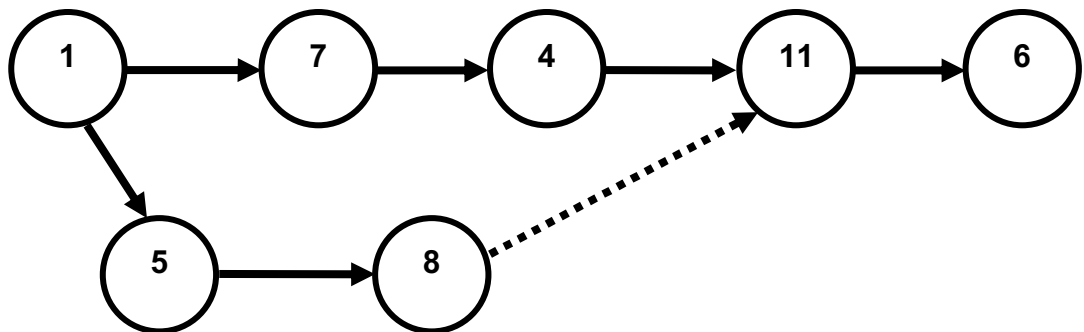
$$D_t = D_A + D_B + D_C + \dots + D_N$$

4.3.1.4 Numeración

Existen varias formas de numerar los nodos:

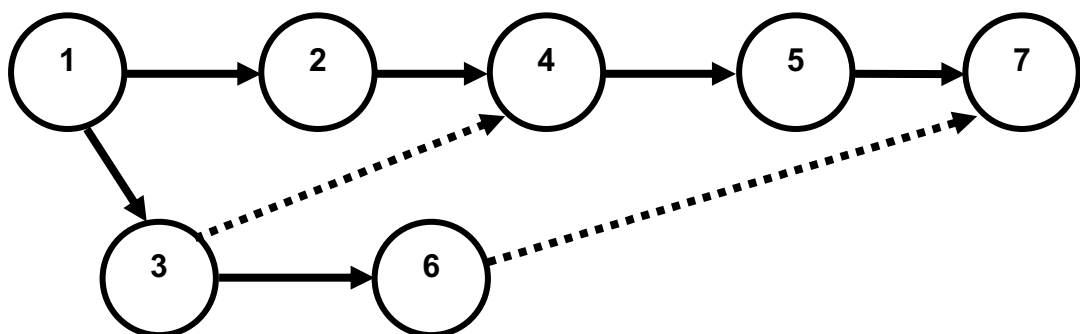
- a. Random: como su nombre lo indica, no sigue patrones, simplemente requiere que cada número de nodo sea diferente.

Ilustración 20. Numeración Random



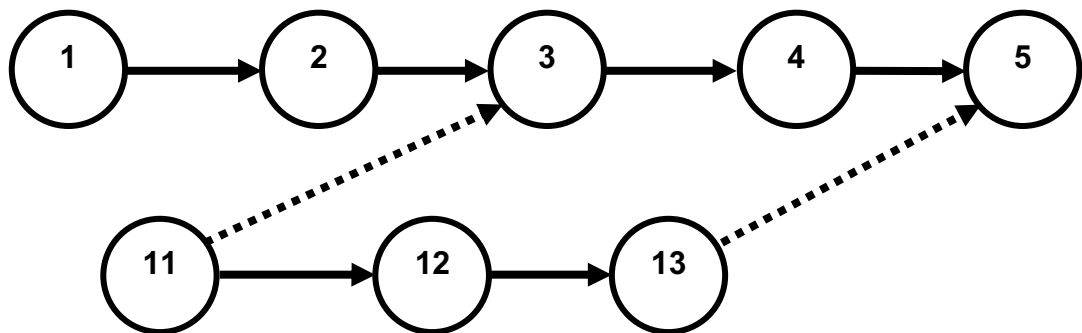
- b. Topológica: este método requiere que el nodo inicial de una actividad sea menor al final de la misma. Si esta ley se aplica a toda la red es posible que el número de nodos se incremente en la estructura de todo el proyecto. Por lo general, se debe invertir un buen tiempo con el fin de asegurar que no se pierda ninguna actividad. Su principal desventaja es que si una actividad es agregada o cambiada, el lazo completo tiene que ser reenumerado desde ese punto hacia adelante.

Ilustración 21. Numeración Topológica



- c. Secuencial: desde cierto punto de vista pertenece al sistema Random. Sin embargo, los números son escogidos en bloques ya que ciertos tipos de actividades pueden ser identificados por nodos. Por ende, el sistema clarifica actividades y facilita su reconocimiento.

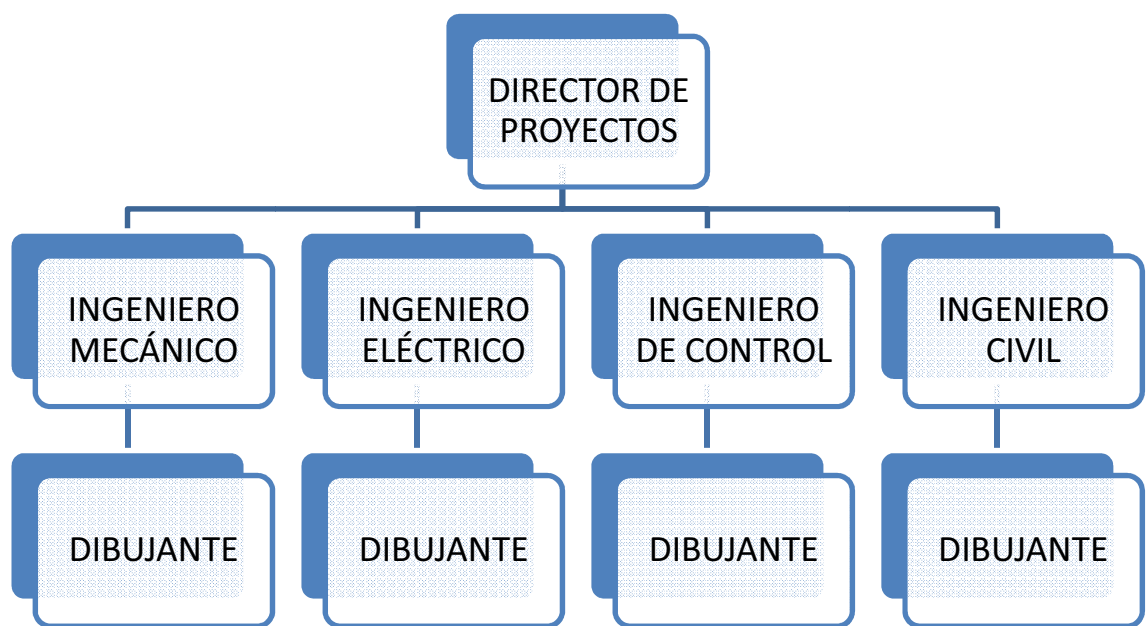
Ilustración 22. Numeración Secuencial



4.4 RECURSO HUMANO

La cantidad de personas necesarias en un proyecto depende directamente del tamaño del mismo y de las necesidades particulares del cliente. A nivel general, la estructura de una empresa de diseño debe ser:

Ilustración 23. Organigrama empresa de diseño



4.4.1 Cantidad de mano de obra requerida

Definir la cantidad necesaria es una de las decisiones de más criticidad para el director de proyectos. Esto es, si selecciona más de la necesaria, tendrá sobredimensionado su equipo de trabajo y por ende más sobrecostos para él; por el contrario, si selecciona menos, la probabilidad de incumplir el tiempo de entrega será altísima. Es por ello, que es una decisión que debe dar con argumentos.

Los datos requeridos para estimar el recurso humano son:

1. Tiempo de entrega. Por lo general fijado por el cliente o en ciertas ocasiones fijado por la empresa contratista. Es una constante del proyectos
2. Estimado de la duración del total de actividades, de acuerdo a la Ilustración 19 del diagrama de redes. Además, se debe desglosar en:
 - a. Estimado de la parte mecánica
 - b. Estimado de la parte civil
 - c. Estimado de la parte eléctrica
 - d. Estimado de la parte de control

Por último el director del proyecto debe cruzar la información en un cronograma similar al de la Ilustración 1 (El nivel del mismo debe ser de acuerdo a lo requerido), en donde relacione las actividades y la duración de las mismas con los responsables que dispone. La duración real del proyecto deberá ser menor a la fecha de entrega del proyecto al cliente. Si esto no se cumple, es donde el director deberá empezar a iterar los datos hasta que obtenga el resultado deseado.

4.5 PRIORIZACIÓN DE ACTIVIDADES

Ciertas actividades deben ser priorizadas ya sea por su complejidad o por su duración. Se dan los siguientes criterios para la selección de las actividades denominadas críticas:

- Actividades que tengan un %X de duración con respecto a la duración total. (Esta medida debe ser definida por la estructura de la empresa).
- Actividades definidas como complejas. Cada empresa debe definir qué es complejo para ellas. A continuación se listan variables que intervienen normalmente en la complejidad de una actividad:
 - Experiencia acorde con la necesidad
 - Si es un nuevo proceso
 - Si hay el nivel técnico requerido
 - Tipo de tecnología involucrada
 - Tipo de cliente

- Actividades, de acuerdo al diagrama de redes, que vuelven dependientes otras.

Para la elaboración de esta priorización, el director se debe reunir con cada uno de los ingenieros. Luego del debate, debe quedar un listado con fecha comprometida para la entrega. A continuación se presenta un formato, el cual tiene por objeto que el qué, quién y cuándo quede oficial:

Tabla 4. Control actividades críticas

Item	Actividad	Fecha de Origen	Fecha Comprometida	Responsable	Avance %

5. APROBACION DE PROPUESTAS DE INGENIERIA

Luego de haber pasado la etapa de ingeniería básica es necesario tener total control sobre los avances en la de detalle. Se debe definir con claridad qué tipo de avances deben ser aprobados o si se debe hacer por periodo. A continuación se deja un formato que puede ser útil para lo requerido:

Fecha: “dd/mm/aaaa”

Proyecto: “Nombre del Proyecto”

Revision #: “Consecutivo de revisión actual”

Descripción de la revisión: “Se debe ser claro con el alcance de la revisión que se realiza. Si es necesario, citar el paso siguiente”

Elaborado Por: “Persona responsable empresa contratista”

Aprobado Por: “Cliente”

6. ENTREGA FINAL A CLIENTE

Es necesario estandarizar la entrega de la documentación al cliente una vez el proyecto finalice. Por esta razón se propone que cada uno de los siguientes documentos sean incluidos en el paquete final y en orden sugerido:

1. Base de diseño (De acuerdo al numeral 4.1.2.1.1 de la etapa conceptual). Debe ir firmado tanto por el cliente como por la empresa contratista.
2. Estimado de costos (De acuerdo a la Tabla 1, de la etapa de definición)
– Propuesta comercial aprobada por el cliente.
3. Cronograma del proyecto (De acuerdo a la Ilustración 1, de la etapa de definición).
4. Paquete de ingeniería de detalle.
 - a. Planos básicos
 - b. Planos de detalle
 - c. Cálculos
 - d. Aprobaciones de ingeniería
5. Cartas de Mantenimiento

CONTENIDO

	PÁG.
1. OBJETIVOS	15
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. ALCANCE DEL PROYECTO	17
4. METODOLOGIA DESARROLLADA.....	18
4.1 CONCEPTOS DE PROYECTO.....	18
4.1.1 Definición.....	18
4.1.2 Etapas de un Proyecto	19
4.1.2.1 Conceptual.....	19
4.1.2.2 Definición	21
4.1.2.3 Diseño	23
4.1.2.4 Construcción.....	23
4.2 CONCEPTOS DE DISEÑO.....	23
4.2.1 Diseño en el mundo.....	25
4.2.2 Etapas del proceso de diseño	26
4.2.2.1 Identificación.....	26
4.2.2.2 Ideas Preliminares	26
4.2.2.3 Análisis	28
4.2.2.4 Decisión	28
4.2.2.5 Realización	30
4.2.3 Metodologías en diseño	30
4.2.3.1 Proceso de diseño Koller.....	31
4.2.3.2 Procedimiento para lograr nuevos productos VDI 2222	32
4.2.3.3 Proceso de diseño Rodenacker.....	32
4.2.3.4 Proceso de diseño Roth	32
4.2.3.5 Proceso de rediseño Pahl & Beitz	33
4.2.3.6 Proceso de rediseño Nigel Cross	34

4.2.3.7	Proceso de rediseño Roozenburg & Eekels	34
4.2.3.8	Proceso de rediseño Andreasen.....	35
4.2.3.9	Construcción.....	35
4.3	MITIGACIÓN DE PÉRDIDAS	35
4.3.1	Diagrama de Redes.....	36
4.3.1.1	Reglas para realizar el esquema	37
4.3.1.2	Notas para tener el máximo beneficio	41
4.3.1.3	Estimado de duración de actividad	43
4.3.1.4	Numeración	44
4.4	RECURSO HUMANO.....	46
4.4.1	Cantidad de mano de obra requerida	46
4.5	PRIORIZACIÓN DE ACTIVIDADES.....	47
5.	APROBACION DE PROPUESTAS DE INGENIERIA.....	49
6.	ENTREGA FINAL A CLIENTE.....	50
7.	CONCLUSIONES.....	51
8.	RECOMENDACIONES	52
9.	BIBLIOGRAFIA.....	53

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Cronograma general del proyecto.....	23
Ilustración 2. Proceso de rediseño Pahl&Beitz.....	33
Ilustración 3. Proceso de diseño Nigel Cross.....	34
Ilustración 4. Proceso de rediseño Roozenburg&Eekels.....	34
Ilustración 5. Proceso de rediseño Andreasen.....	35
Ilustración 6. Pérdidas reflejadas en la etapa de construcción.....	36
Ilustración 7. Denominación de una Actividad.....	37
Ilustración 8. Actividades dependientes.....	37
Ilustración 9. Dos actividades con nodo inicial y final compartido.....	38
Ilustración 10. Actividad Dummy.....	38
Ilustración 11. Función Dummy.....	39
Ilustración 12. Final parcial que afecta la correcta culminación del proyecto...39	39
Ilustración 13. Función Dummy para cierre total.....	40
Ilustración 14. Loop de actividades intermedias.....	40
Ilustración 15. Diagrama inadecuado.....	41
Ilustración 16. Diagrama adecuado.....	41
Ilustración 17. Restricción innecesaria.....	42
Ilustración 18. Restricción asignada correctamente.....	43
Ilustración 19. Estimado de duración de actividades.....	43
Ilustración 20. Numeración Random.....	44
Ilustración 21. Numeración Topológica.....	44
Ilustración 22. Numeración Secuencial.....	45
Ilustración 23. Organigrama empresa de diseño.....	46

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Modelo de cotización.....	21
Tabla 2. Lluvia de ideas.....	27
Tabla 3. Matriz de ponderación para selección de modelo.....	29
Tabla 4. Control actividades críticas.....	48

INTRODUCCIÓN

La economía actual obliga a las industrias y empresas en general a ofrecer el mejor costo beneficio en el mercado. Las empresas de ingeniería de proyectos no son ajenas a esta situación debido a que los clientes buscan la mayor calidad al menor precio.

Las empresas consultoras de ingeniería se conocen en el medio por su amplia gama de servicios que van desde el desarrollo y gerencia de proyectos hasta la supervisión de construcción. A su vez, ofrecen interventoría para industrias en traslados de plantas, montajes, consecución de tecnología y servicios permanentes de ingeniería.

Por otro lado, el diseño es uno de los servicios de mayor demanda a nivel industrial. Esto es debido a que las empresas prefieren tercerizar este tipo de labor a tener un departamento de diseño como tal. Ello se aprecia en empresas como Procter & Gamble, que a nivel mundial estructuran su departamento de ingeniería de una manera netamente administrativa, en donde se contrata desde el diseño de una pieza o máquina hasta la supervisión del montaje de la misma.

A su vez, las empresas de diseño deben tener sumo cuidado en la administración de recursos para la elaboración de cada proyecto. Cualquier recurso que se calcula mal desde la etapa de cotización se verá reflejado en altas pérdidas económicas, incumplimiento al cliente y decaimiento en calidad.

Una empresa de diseño que carezca de un sistema sólido y estructurado de gestión de proyectos tiene como consecuencias: propuestas comerciales desfasadas, diseños sin estructuras básicas, ingeniería de detalle sin diferenciación de escalas de revisión y aprobación e incumplimiento de entrega a clientes.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de gestión para una empresa de ingeniería de diseño de mediano tamaño desde la etapa de propuesta comercial hasta la entrega final a cliente del producto.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conocer diferentes modelos de gestión para empresas de ingeniería.
- Identificar las principales pérdidas que se generan en los procesos de este tipo de empresas.
- Desarrollar planes de acción necesarios para minimizar las pérdidas encontradas.
- Concluir los principales resultados.

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los mayores proveedores de servicios a la industria actual son las empresas de diseño. Éstas en los últimos 10 años han crecido debido a que, por lo general, no se cuenta con un departamento de diseño en las plantas de producción, recurriendo a tercerizar este tipo de servicio cada vez que sea necesario.

Por lo general, una empresa de ingeniería de proyectos cuenta con un grupo de ingenieros y dibujantes los cuales deben ser distribuidos de la forma más óptima posible. Es por ello que la magnitud de pérdidas en procesos que no sean claros ni estructurados genera lesiones de gran magnitud a nivel económico y de imagen corporativa.

El proyecto se convierte de alto valor encontrando un modelo de gestión que se adecúe a las necesidades de una empresa de diseño de mediano tamaño, que mida y regule sus procesos internos.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

Diseñar un modelo de gestión que se acople a las necesidades de una empresa de ingeniería de mediano tamaño. Obteniendo lo siguiente:

- Modelo de cotización.
- Modelo de asignación de recursos humanos para cada proyecto.
- Estandarización de alcances.
- Estandarización de cada una de las etapas de diseño.
- Modelo de revisión y aprobación de propuestas de ingenierías.
- Modelo de sistema de priorización de actividades.
- Estandarización de la entrega final al cliente.

7. CONCLUSIONES

Un modelo de gestión de ingeniería de proyectos pretende obtener la plena satisfacción de la necesidad del cliente con la optimización de los recursos.

La correcta estimación de la mano de obra requerida es un factor que impacta positivamente en la disminución de pérdidas en el proyecto. El diagrama de redes detallado del proyecto, es una herramienta de gran utilidad en el cálculo.

La estimación de riesgos en un proyecto es propio de cada empresa de ingeniería de acuerdo a factores tales como: su experiencia, recurso técnico disponible, su capacidad, entre otros. Es algo que debe quedar estandarizado.

La meta en cada proyecto es satisfacer la necesidad del cliente en el plazo comprometido y con el presupuesto fijado. Si esto se cumple, se dice que hubo una adecuada gestión de éste. Por el contrario, si esto no se cumple la empresa de diseño debe asumir pólizas por incumplimiento reguladas por la ley.

Los diferentes esquemas de diseño permiten elegir la propuesta más óptima que cumpla con las exigencias del cliente y a su vez, la tranquilidad profesional de la empresa contratista.

8. RECOMENDACIONES

En el primer acercamiento con el cliente tratar de entender de manera completa el origen de la necesidad y lo prioritario para él. Es decir, si es calidad, tiempo de entrega o mínimo costo. Esto debe ser transmitido a todo el equipo de trabajo.

Despiezar de manera completa cada uno de los ítems que impactan en la elaboración de la propuesta comercial. Entre más detalle se tenga, menos será el riesgo de pérdidas tanto por la empresa contratista como para el cliente.

El uso del diagrama de redes interviene directamente con el cálculo de mano de obra y de estimación de riesgos. Es por esta razón que su uso se recomienda para todo tipo de proyecto.

Se recomienda la comprensión de cada una de las metodologías de diseño para que cada empresa, de acuerdo a su estructura y filosofía, la acople a sus necesidades.

Es determinante para la calidad en la gestión, seguir una estructura lógica y acorde con los avances y cambios que surjan en el proyecto. Esto es, manejar un estándar para el control de cambios.

9. BIBLIOGRAFIA

Bravo, S. (2011). Curso de Diseño Metodico. Medellín: Fondo, Universidad EAFIT.

Cooper R., P. M. (1995). A guide for Successful Design Management.

INDISA. (s.f.). *INDISA*. Recuperado el 3 de Mayo de 2011, de www.indisa.com.co

Gómez, E. (2010). Curso de Preparación de Proyectos. Medellín: Universidad EAFIT.

Lester, Albert. Project Planning and Control. 2nd Edition 1991.

Hajek, Victor. Management of Engineering Projects. Third Edition.

Project Management Institute. Guia de los fundamentos de Gestion de proyectos.

Metodología del Diseño – Concepción de Productos Técnicos – Norma VDI 2222.

Engineering Design – G. Pahl y W. Beitz.

Product Design: Fundamentals and Methods” - N.F.M. Roozenburg y J. Eekels .